

UNTERSUCHUNGEN
ZUM HERZFREQUENZVERHALTEN
UNTER VOJTA-THERAPIE IM
KINDESALTER UNTER BESONDERER
BERÜCKSICHTIGUNG DER VARIABILITÄT
IM MINUTEN- UND SEKUNDENBEREICH

Ulrich Pfannerstill

Liss
München
1985

Aus dem Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin
der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. Dr.h.c. Th. Hellbrügge

UNTERSUCHUNGEN ZUM HERZFREQUENZVERHALTEN
UNTER VOJTA - THERAPIE IM KINDESALTER
UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER
VARIABILITÄT IM MINUTEN - UND SEKUNDENBEREICH

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von
Ulrich Pfannerstill
aus
Landshut

1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr.Dr.h.c. Th. Hellbrügge

Mitberichterstatter:

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 25. 7. 1985

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	3
2. <u>Physiologische Befunde zum Verhalten von Herzaktivität</u>	5
2.1. Messung, Quantifizierung und Analyse der Herzfrequenz und ihrer periodischen Veränderungen	5
2.2. Verhalten der Herzfrequenz im Entwick- lungsverlauf	8
2.3. Verhalten von Blutdruck und Herzfre- quenz unter Vojta-Therapie	11
3. <u>Methodik</u>	13
3.1. Versuchsanordnung	13
3.1.1. Herzfrequenzmessung	13
3.1.2. Datenauswertung	14
3.1.3. Weitere Parameter	15
3.2. Untersuchte Kinder	16
4. <u>Ergebnisse</u>	18
4.1. Einzelergebnisse	18
4.2. Zusammenfassung der Ergebnisse	58

	Seite
5. <u>Diskussion</u>	63
5.1. Verhalten von Herzfrequenz-Niveau und Blutdruck unter Vojta-Therapie	63
5.2. Periodische Fluktuationen der Herz- frequenz unter Vojta-Therapie	64
6. <u>Zusammenfassung</u>	69
7. <u>Literaturverzeichnis</u>	72

1. EINLEITUNG

Die Herzaktivität ist ein physiologischer Parameter, der in einen komplexen kardio-vaskulären Regelkreis mit supraspinaler Kontrolle eingebunden ist und einem prä- und postnatalen Reifungsprozeß unterliegt.

Im Verlauf der ersten Lebensmonate bestehen Veränderungen der Herzfrequenz in einer Abnahme des Herzfrequenz-Niveaus und einem Rückgang der hochfrequenten Herzfrequenz-Variabilität mit Verlagerung des Schwerpunktes in Richtung auf niederfrequente Fluktuationen.

Unter neurophysiologischer Therapie nach Vojta kommt es erfahrungsgemäß zu einer körperlichen und psychischen Belastung der Patienten, die eine Anhebung des Herzfrequenz-Niveaus erwarten läßt.

Vojta beobachtete, daß unter Physiotherapie einem Kind, dessen Spontanmotorik auf der Stufe eines Neugeborenen stehengeblieben ist, der Zugang zu einem Koordinationskomplex eröffnet wird, der Teilmuster des späteren Säuglingsalters enthält. Davon ausgehend stellt sich die Frage, ob auch die Koordination autonomer Regulationsvorgänge eine entsprechende Änderung in Richtung auf reifere Regulationsvorgänge erfährt.

Im Falle des Herzfrequenz-Verhaltens würde dies eine therapiebedingte Änderung der Herzfrequenz-Variabilität mit zunehmender Bedeutung niederfrequenter Fluktuationen im Verlauf der neurophysiologischen Therapie bedeuten.

Die vorliegende Arbeit prüft im wesentlichen folgende Fragen:

- Wie verhält sich das Herzfrequenz-Niveau während Physiotherapie nach Vojta?
- Ist während Physiotherapie eine Änderung der Herzfrequenz-Variabilität mit Zunahme der niederfrequenten Fluktuationen festzustellen?
- Geht ein motorischer Reifungsprozeß mit einer gleichzeitigen Reifung autonomer Regulationsvorgänge einher?

2. PHYSIOLOGISCHE BEFUNDE ZUM VERHALTEN VON HERZAKTIVITÄT

2.1. Messung, Quantifizierung und Analyse der Herz- frequenz und ihrer periodischen Veränderungen

Die Registrierung der Herzschlagfolge wird seit einigen Jahrzehnten zur Untersuchung physiologischer und psychologischer Zusammenhänge herangezogen.

Eine Reihe von Arbeiten (Graham und Clifton, 1966; Obrist, 1968 u. a.) beschäftigte sich mit dem Verhalten der Herzfrequenz vor und nach externem Stimulus. Die unterschiedliche Richtung der Herzfrequenz-Änderung nach Reiz, die offensichtlich abhängig von Reizintensität und Reizsituation war, wurde im Sinne eines Orientierungsreflexes bei Herzfrequenz-Abnahme und eines Abwehrreflexes bei Herzfrequenz-Zunahme gewertet (Lacey, 1967). Obrist et al. (1974) prägten die Hypothese des cardiac - somatic coupling, einer primären Abhängigkeit des Herzaktivität-Niveaus vom Stoffwechselbedarf der Muskulatur. Bei Vermeidung unangenehmer Reize wurde jedoch eine über das Maß der körperlichen Aktivität hinausgehende Zunahme der Herzfrequenz angenommen. Bei diesen Untersuchungen ließen die Rohdaten der Herzfrequenz mit Mittelwert- und Varianzberechnung letztlich keine zuverlässige Information über die verschiedenen Einflüsse auf die Herzaktivität zu.

Sayers (1975) betonte die Notwendigkeit, Langzeitverläufe der Herzaktivität zu registrieren, da diese zur Feststellung periodischer Veränderungen und psychologischer Einflüsse besser geeignet seien als die Messung kurzzeitiger phasischer Veränderungen der Herzaktivität nach Reiz.

Die Beeinflussung der Herzaktivität ist durch direkte oder indirekte Wirkung auf den kardiovaskulären Regelkreis möglich.

Einen wichtigen und schon relativ gut erforschten Einfluß spielt die Atmung. Die Herzaktivität zeigt in Ruhe gewöhnlich einen phasischen Zyklus, der als respiratorische Sinusarrhythmie bekannt ist. Melcher (1976) erklärte ihren Mechanismus mit einer Stimulierung der Niederdruckrezeptoren im Herzvorhof bei erhöhter diastolischer Füllung infolge intrathorakaler Druckänderung während der Atmung.

Nach Ergebnissen von Sayers (1973) beträgt der Respirationszyklus der Herzaktivität ca. 2,5 Sekunden - entsprechend 0,4 Hz - und ist abhängig von Atemfrequenz und Atemtiefe.

Daneben wurden unter Ruhebedingungen periodische Veränderungen der Herzfrequenz festgestellt, die bei einer Zyklusdauer von 10 Sekunden - entsprechend einer Frequenz von 0,1 Hz - als Antwort auf den Barorezeptorreflex und somit als Blutdruckregulationskomponente aufgefaßt wurden. Hierbei handelt es sich wie beim Respirationszyklus um spontan oszillierende, stabile und konsistente Fluktuationen der Herzfrequenz, die aufgrund dieser Eigenschaften relativ gut identifiziert werden konnten.

Eine dritte Gruppe periodischer Fluktuationen fand sich im Bereich von 0,04 Hz - entsprechend einer Zyklusdauer von 25 Sekunden. Diese Oszillationen waren variabel und inkonstant. Als Ursache wurde eine Änderung des Vasomotorentonus in Zusammenhang mit der Thermoregulation angenommen.

Die verschiedenen, die Herzfrequenz beeinflussenden Komponenten scheinen sowohl autonom geregelt zu sein als auch untereinander in Wechselbeziehung zu stehen, wobei die zentralnervöse Schaltung im wesentlichen

über den Hirnstamm verläuft.

Die getrennte Isolierung der Fluktuationen unterschiedlicher Frequenz war Sayers mittels selektiver Frequenzanalyse möglich, welche die RR-Intervalle im EKG als Meßgrundlage verwendete. Von jeweils 256 aufeinanderfolgenden inter beat - Intervallen wurde das Power-Spektrum mit den unterschiedlich ausgeprägten Frequenzen bestimmt. In dieser Untersuchung wurde bei mentaler Belastung eine Verlagerung des Spektrums in Richtung auf langsame Frequenzen registriert. Die Ursache sah Sayers vor allem in der Veränderung des Atemmusters, wenn auch nicht zwangsläufig in einer Atemfrequenzänderung. Zudem zeigten sich komplexe Interaktionen zwischen Atmung und vasomotorischer Aktivität, die zu einer Veränderung der Herzfrequenz führten.

Akselrod (1981) untersuchte die Wirkung von Sympathikus- und Parasympathikus - Aktivität sowie des Renin-Angiotensin-Systems auf die zyklischen Veränderungen der Herzfrequenz bei Hunden. Das Power-Spektrum ohne Pharmaka entsprach dem von Sayers beim Menschen gefundenen mit je einem Peak bei etwa 0,4 , 0,1 und 0,04 Hz . Es zeigte sich ein Einfluß des Parasympathikus auf die hoch- und mittelfrequenten Fluktuationen, also 0,4 und 0,1 Hz . Sympathikus und Parasympathikus zusammen beeinflussten besonders die niederfrequenten Fluktuationen (um 0,04 Hz). Die deutliche Zunahme der Amplitude des niederfrequenten Peaks bei Blockade des Renin-Angiotensin-Systems zeigte, daß auch dieses System eine wichtige Rolle in der kurzfristigen kardiovaskulären Kontrolle im Bereich von Sekunden bis Minuten spielt.

Akselrod hob die Vorteile der Analyse von Herzfrequenz-Fluktuationen mittels Power-Spektren im Vergleich zur herkömmlichen Messung von mittlerer Herzfrequenz und

Varianz hervor. Er betrachtete die Bestimmung getrennt isolierter Fluktuationen als geeignetes quantitatives, noninvasives Mittel zur Einschätzung der Funktion kurzfristiger kardiovaskulärer Kontrollsysteme.

2.2. Verhalten der Herzfrequenz im Entwicklungsverlauf

Mehrere Autoren untersuchten das Verhalten von Herzfrequenz und ihrer Variabilität in der fetalen und postnatalen Phase.

Bereits 1956 zeigten Untersuchungen von Hellbrügge et al., daß die Pulsfrequenz nach der Geburt zunächst auf niedrigere Werte absinkt, ab dem 2. Tag dann kontinuierlich bis zum 10. Tag zunimmt, hier die Werte der Fetalzeit erreicht und bis zur 6. Woche noch weiter leicht ansteigt. Dieser Wert, der etwa ab der 6. Lebenswoche zusätzlich nykthermale Schwankungen aufweist, wird bis zum 4. Lebensmonat beibehalten. Erst dann setzt das bekannte Absinken der Pulsfrequenz mit zunehmendem Lebensalter ein.

Lewis et al. (1970) maßen bei Feten und Säuglingen die Herzfrequenz jeweils über 15 Minuten mit einer Analysezeit von jeweils 15 Sekunden. Als Herzfrequenz-Variabilität wurde die Differenz zwischen den 6 schnellsten und den 6 langsamsten beat to beat - Raten pro 15 Sekunden-Intervall genommen. Pränatal bis 4 Wochen postnatal nahmen Herzfrequenz und Variabilität zu. Im weiteren Verlauf ging das Herzfrequenz-Niveau nahezu kontinuierlich zurück. Auch die Herzfrequenz-Variabilität nahm mit dem Alter ab, zumindest die relativ raschen Fluktuationen betreffend, die im Analysezeitraum von jeweils 15 Sekunden erfaßt wurden.

Watanabe et al. (1973) registrierten die Herzfrequenz von Früh- und termingerecht Geborenen während Schlaf- und Wachphasen. Dabei wurde eine Zunahme der Herzfre-

quenz während der Neonatalperiode mit nachfolgender schrittweiser Herzfrequenz-Abnahme über einige Wochen festgestellt, wobei der Verlauf primär abhängig vom Geburtsalter, nicht vom Schwangerschaftsalter war. Bei Frühgeborenen mit sehr niedrigem Gestationsalter fand sich eine weitgehend fixierte Herzfrequenz, möglicherweise als Zeichen funktioneller Unreife der medullären kardioresulatorischen Zentren mit noch fehlender Sympathikus- und Parasympathikus-Wirkung.

Radvanyi und Morel-Kahn (1976) registrierten bei Frühgeborenen Fluktuationen von 3 bis 9 pro Minute sowie höherfrequente atemsynchrone Veränderungen von 25 bis 60 pro Minute nach der 37. Woche. Die raschen Fluktuationen, die vor allem im Tiefschlaf registriert wurden, waren bei kranken, insbesondere atemdepressiven Kindern deutlich gemindert. Bei Besserung des Allgemeinzustandes konnte eine Zunahme, bei Verschlechterung mit zunehmendem Ausfall zentraler Regulationszentren ein weiterer Rückgang der Herzfrequenz-Variabilität festgestellt werden. Bei dieser Untersuchung beschränkte sich jedoch das Variabilitätsmaß darauf, bei 600 aufeinanderfolgenden RR-Intervallen im EKG Veränderungen von mindestens 60 msec über 15 bis 70 Schläge als langsame und von 15 bis 50 msec über 3 bis 4 Schläge als rasche Oszillationen festzusetzen, so daß eine differenzierte quantitative Aussage über bestimmte Frequenzen nicht möglich war.

Kero (1974) fand bei tief komatösen Neugeborenen keine Variabilität der Herzfrequenz und sah dies als Hinweis auf den zentralen Ursprung von Herzfrequenz-Fluktuationen.

Cabal et al. (1980) stellten eine höhere Herzfrequenz und geringere Variabilität bei Frühgeborenen als bei reifen Kindern gleichen Gestationsalters fest. Die Variabilität wurde dabei durch die Differenz zwischen größtem und kleinstem RR-Abstand über jeweils zwei Minuten Analysezeit bestimmt.

Eine längere Verlaufsstudie von Harper et al. (1976) über die Herzaktivität während Schlaf- und Wachstadien bei Kindern im Alter von einer Woche bis sechs Monate ließ drei Stadien in der Ontogenese unterscheiden, die im wesentlichen für die Wachphase gelten:

- Neugeborenenperiode (bis zu einem Monat) mit Anstieg der Herzfrequenz
- frühes Säuglingsalter (bis zu drei Monaten): nach anfänglichem Anstieg rapide Abnahme von Herzfrequenz und Variabilität
- späteres Säuglingsalter (bis zu sechs Monaten) mit weiterer langsamer Abnahme von Herzfrequenz und Variabilität.

Phase 1 wird in Zusammenhang mit der neuronalen Reifung gesehen, Phase 3 scheint abhängig von der Reifung der zentralen Regulationskontrolle zu sein und bereits einen individuellen Ausprägungsgrad zu erreichen. Variabilitätsmaß der Studie war der Interquartilabstand der RR-Intervalle im EKG jeweils für eine Minute und Umrechnung dieses Wertes in Schläge pro Minute.

Eine Untersuchung der Schlafstadien bei Neugeborenen von De Haan et al. (1977) zeigte bei Analyse der Spektraldichte der gemessenen beat to beat-Abstände Herzfrequenz-Fluktuationen im Bereich von 1 bis 15 Zyklen pro Minute - entsprechend 0,016 bis 0,25 Hz. Während des aktiven Schlafes ergaben sich Peaks bei ca. 1,2 , 3,8 , 7 und 5,5 Zyklen pro Minute (entsprechend absteigender Spektraldichte). Bei Frequenzen über 10/min wurden nur geringe Dichten erreicht. Im Tiefschlaf und Wachzustand war die Spektraldichte flach und zeigte keine dominanten Peaks. In Anlehnung an Befunde von Hathorn (1975), der entsprechende Fluktuationen der Atmung mit Frequenzen zwischen 1 und 12 Zyklen pro Minute während des Schlafs bei Neugeborenen gefunden hatte, proklamierte De Haan eine gemeinsame suprame-

dulläre Modulation des Kontrollmechanismus von Herzfrequenz und Respiration.

Eine neue Arbeit von Lindqvist et al. (1983) bestätigt die Generierung spontaner periodischer Herzfrequenz-Veränderungen bei Neugeborenen. In Ruhe lagen die Peaks der Power-Spektren hauptsächlich im Bereich von 0,04 Hz , weniger ausgeprägt bis zu 0,15 Hz - entsprechend 2,5 bis 9 Zyklen pro Minute. Die Veränderung der Herzfrequenz-Variabilität auf oszillierenden Wärmereiz der Haut bestand im Stimulationsbereich von 0,08 bis 0,1 Hz - entsprechend 5 bis 6 Zyklen pro Minute - in einem hochsignifikanten Anstieg des Peaks gleicher Frequenz. Bei einer Stimulationsfrequenz von 2,5 Zyklen pro Minute war die Zunahme des Peaks im Power-Spektrum noch signifikant. Diese reizabhängige Zunahme der Herzfrequenz-Variabilität im Bereich von 0,08 bis 0,1 und 0,04 Hz nahm mit dem Reifungsgrad der Neugeborenen deutlich zu.

Faßt man die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammen, so läßt sich neben der seit langem bekannten Abnahme des Herzfrequenz-Niveaus mit zunehmendem Alter von Kindern feststellen, daß mit zunehmendem Reifegrad und Alter die höherfrequenten Herzfrequenz-Veränderungen zurückgehen, und langsamerfrequente Fluktuationen in den Vordergrund treten. Diese Entwicklung setzt in den ersten Lebensmonaten ein.

2.3. Verhalten von Blutdruck und Herzfrequenz unter Vojta-Physiotherapie

Die Untersuchung von Beetz und Jüngst (1983) "Zum Verhalten von Blutdruck und Puls bei Vojta-Therapie im Säuglingsalter" stellte als auffallendste Veränderung

den zum Teil erheblichen Anstieg des systolischen Blutdrucks während Vojta-Therapie heraus. Die Differenzen lagen dabei durchschnittlich bei 50 bis 60 mmHg. Die Pulsfrequenz zeigte weniger eindrucksvolle Steigerungen. Sie entsprach ungefähr den beim Schreien gemessenen Werten mit einem durchschnittlichen Anstieg um 40 Schläge pro Minute über den Ruhewert. Über die Hälfte der Säuglinge erreichten zwar bei wenigstens einer der Übungen Pulsfrequenzen zwischen 190 und 202 Schlägen pro Minute; auf den Durchschnitt wirkte sich dies jedoch nur relativ schwach aus. Bei einer mittleren Ruhefrequenz von 135 Schlägen pro Minute betrugen die Steigerungen 20 bis 38 Prozent.

3. METHODIK

3.1. Versuchsanordnung

3.1.1. Herzfrequenzmessung

Zur EKG-Ableitung wurden jeweils drei Einmal-Silber/Silberchlorid-Elektroden (BM-Red Dot für Kinder) verwendet. Diese wurden so am Thorax angebracht, daß sie bei der Durchführung der Physiotherapie nicht störten, und somit Artefakte durch direkten Druck oder Dehnung in der Elektrodenregion minimal gehalten werden konnten. Ein gutes Signal war wegen der besseren Abgrenzung gegenüber Artefakten - entstehend durch Muskelpotentialüberlagerung und Bewegung - wichtig.

Die EKG-Registrierung geschah fortlaufend für die Dauer der Physiotherapie mit vorhergehender und nachfolgender Ruhephase von jeweils mindestens fünf Minuten. Durchschnittlich dauerte eine Ableitung 45 Minuten (minimal 30, maximal 65 Minuten).

Messung, Verstärkung, Analog-Digital-Wandlung, Umrechnung in Frequenzen und Abspeicherung der Daten erfolgten durch eine mikroprozessorgesteuerte Aufzeichnungseinheit (ZAK-Bioport-System). Gemessen wurden dabei die beat to beat-Intervalle und diese in Herzfrequenz-Angaben mit einer sampling rate von einer Sekunde umgewandelt, so daß über den gesamten Ableitungszeitraum für jede Sekunde eine Herzfrequenz-Angabe in Schlägen pro Minute vorlag. Zu Beginn und Ende der Ruhephasen sowie jeder einzelnen Übung wurde ein Zeitmarker betätigt.

Alle Daten wurden über die Cyber-Anlage des Leibniz-Rechenzentrums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften weiter ausgewertet.

3.1.2. Datenauswertung

Die Datenauswertung geschah mittels eines am Kinderzentrum entwickelten Programms, das für die Fragestellung dieser Untersuchung entsprechend modifiziert wurde.

Die Gesamtdatenmenge pro untersuchtem Kind und Physiotherapiesitzung entsprach der Dauer der EKG-Ableitung, wobei für jede Sekunde ein Herzfrequenz-Datum vorlag. Die Analyse erfolgte in Intervallen von jeweils 30 Daten, wobei jedes 30 Daten-Intervall mit einem Inkrement von 10 Daten über die gesamte Datenmenge vom Anfang bis zum Ende der Ableitung "vorgeschoben" wurde. Diese Art der Analyse, bei der die 20 Daten am Ende eines Intervalls identisch mit den ersten 20 Daten des nächsten Intervalls sind, hat gegenüber einer nichtüberlappenden Aneinanderreihung der Intervalle den Vorteil, daß nicht von der experimentellen Bedingung bestimmte Daten-"Ausreißer" den dargestellten Verlauf in geringerem Maße bestimmen.

Die Wiedergabe der ermittelten Werte geschah sowohl als numerischer Output, als auch graphisch über den Trommelplotter Calcomp 1051 des Leibniz-Rechenzentrums. In den Plots zeigen die senkrechten gestrichelten Linien jeweils den Beginn des Intervalls an, in das zum ersten Mal Daten einer neuen Bedingung (P, N, R; entsprechend Physiotherapie, non-Physiotherapie, Ruhephase) eingehen. Die durchgezogenen senkrechten Linien stehen am Beginn des Intervalls, in das ausschließlich Daten der neuen Bedingung eingehen.

Das Inkrement der Daten führt optisch zu einer gewissen Vorverlagerung der Kurvenverläufe.

Im oberen Abschnitt der graphischen Darstellung sind die Intervallmittelwerte mit Standardabweichung in

Schlägen pro Minute in Abhängigkeit von der Zeit aufgezeichnet.

Der untere Abschnitt (absolute power) zeigt für jedes Intervall die über Fourier-Analysen ermittelte Power der Frequenzen von 0,03 bis 0,07 Hz (LO = niederfrequente Fluktuationen mit 30 bis 15 Sekunden Zyklusdauer), von 0,07 bis 0,13 Hz (MED = mittelfrequente Fluktuationen mit 15 bis 7,5 Sekunden Zyklusdauer) und von 0,13 Hz und mehr (HI = hochfrequente Fluktuationen mit Zyklusdauer von 7,5 Sekunden und weniger) in $(\text{Schlägen/min})^2 \times 100$.

Der mittlere Abschnitt (relative power) gibt für jedes Analyseintervall die prozentualen Anteile an der Gesamtvariation der Herzfrequenz an, die durch Fluktuationen mit einer Frequenz von 0,03 bis 0,07 Hz (LO), von 0,07 bis 0,13 Hz (MED) und von 0,13 Hz und mehr (HI) bestimmt werden. Die Summe der drei Bereiche ergibt zu jedem Zeitpunkt einen Wert kleiner / gleich 100, da Fluktuationen mit einer Zyklusdauer über 30 Sekunden quantitativ nicht gesondert erfaßt wurden, zur Gesamtvariation jedoch beitragen.

Die beschriebene Auswertmethode ermöglichte die kontinuierliche quantitative Erfassung aller drei klinisch relevanten Bereiche der Herzfrequenz-Fluktuationen, was gegenüber einigen, in 2.1. kurz beschriebenen Methoden anderer Autoren von Vorteil ist.

3.1.3. Weitere Parameter

Die Blutdruckmessung erfolge vor Therapiebeginn, unmittelbar nach Therapie und nach Ruhephase 2. Bei jeder Übung vergaben die behandelnden Krankengymnastinnen Bewertungen, deren Skala von 1 (sehr gute Reflexantwort) bis 5 (fehlende Reflexantwort) reichte.

Bei der Einschätzung der Leistung wurde das Kind zum einen an seiner subjektiven Leistungsskala gemessen, zum anderen am durchschnittlichen Leistungsstandard aller Kinder mit Vojta- Therapie. Letzteres war erforderlich, da die Krankengymnastinnen mehrmals von Ableitung zu Ableitung wechselten.

3.2. Untersuchte Kinder

Insgesamt umfaßte die Untersuchung zwölf Kinder mit 41 Ableitungen während Physiotherapie.

Bei acht Ableitungen waren wegen Ausfalls des Zeitmarkers Beginn und Ende der Ruhephasen und der einzelnen Übungen nicht mehr zu rekonstruieren. Drei Ableitungen wiesen Elektrodenartefakte mit fehlender Registrierung der Herzfrequenz-Veränderungen über längere Zeit auf. Eine Analyse der Herzfrequenz und ihrer periodischen Veränderungen war somit bei 30 Ableitungen möglich. Diese verteilten sich auf zehn Kinder mit einer bis fünf Ableitungen. Die Untersuchungen wurden innerhalb von drei Wochen durchgeführt. Zwischen den einzelnen Ableitungen eines Kindes lagen ein bis maximal zwölf Tage. Die Physiotherapie lief in der Zwischenzeit unabhängig von dieser Untersuchungsreihe weiter.

Das Alter der Kinder lag zwischen 8 und 153 Monaten. Die vorherige Dauer der Vojta-Therapie betrug mindestens zwei Wochen, längstens vier Jahre. Die Auswahl der Kinder, von denen drei weiblich, sieben männlich waren, geschah nicht nach strengen Kriterien. Die Voraussetzung der schweren zentralen Koordinationsstörung war bei allen Patienten gegeben.

In Tabelle 1 sind Alter, Geschlecht, Therapiedauer und Diagnose der einzelnen Kinder aufgeführt.

Tabelle 1

Kind	Geschlecht	Alter in Monaten	Vojta- Therapie in Monaten	Diagnose
1	männlich	14	11	zentrale Koordinations- störung, Fütterungs- schwierigkeiten
2	weiblich	25	1	Mikrozephalie, Idiotie, spastische Tetraparese
3	männlich	28	9	Früh- und Mangelgeburt, spastische Tetraparese, Atemnotsyndrom I
4	männlich	32	8	Frühgeburt, Little-Syndrom, spastische Diparese, allg. Entwicklungsrückstand
5	weiblich	50	36	Hydrocephalus internus, Spina bifida, Diparese
6	männlich	8	5	Hydrocephalus internus, Mikrozephalie, hypoxisch bedingte Marklagerdegeneration
7	männlich	57	48	schwere zentrale Koordinationsstörung
8	männlich	153	1/2	Verdacht auf degenerative ZNS-Erkrankung, Entwicklungs- verzögerung, Athetose
9	männlich	45	4	Zustand nach Hirnhypoxie bei Badeunfall, Spastik, apallisches Syndrom
10	weiblich	40	30	BNS-Anfallsleiden, spastische Diparese

4. ERGEBNISSE

4.1. Einzelergebnisse

Kind 1

männlich, 14 Monate alt, Vojta-Therapie seit 11 Monaten

Ableitungen 1 und 2

In beiden Ableitungen zeigte sich ein deutlicher Anstieg des Herzfrequenz-Niveaus unter Physiotherapie.

In Ableitung 1 erfolgte, ausgehend von einer Herzfrequenz in Ruhe um 120/min, ein langsamer Anstieg bis maximal 220/min in der fünften Übung.

In Ableitung 2 stieg die Herzfrequenz, ausgehend von einem Ruhewert von 100 bis 110/min, bei jeder Übung auf ca. 150/min an.

Bei der Zunahme der Herzfrequenz-Variabilität fiel bei beiden Ableitungen insbesondere ein deutlicher Anstieg der langsamen Fluktuationen (LO in absolute power) auf. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Fluktuationsbereiche (relative power) änderten sich während Therapie kaum, allenfalls war in Ableitung 2 eine geringe Zunahme der ohnehin dominierenden langsamen Fluktuationen festzustellen. Nach Physiotherapie - in Ruhephase 2 (letztes N bis R) - pendelten sich Herzfrequenz-Niveau und Variabilität in beiden Ableitungen wieder auf die Ausgangswerte ein.

Die Bewertung der einzelnen Übungen und die Blutdruckmessung wurden in Ableitung 1 noch nicht durchgeführt. In Ableitung 2 lag die Bewertung bei 2 und 3 der Skala (1=sehr gute, 5=fehlende Reflexantwort). Der Blutdruck vor und nach Therapie lag systolisch bei 120 mmHg.



Senkrecht durchgezogene Linien: Beginn des Intervalls, in das ausschließlich Daten der neuen Bedingung eingehen. Vorschub der 30-Daten-Analyseintervalle (ein HF-Datum pro Sekunde) über die gesamte Datenmenge mit einem Inkrement von 10 Daten.

Kind 2

weiblich, 25 Monate alt, Vojta-Therapie seit einem Monat

Ableitungen 1 bis 3

Die Ruhewerte schwankten vor Therapie zwischen 100 und 135/min, nach Therapie zwischen 100 und 145/min.

In allen Ableitungen kam es in der Therapiephase während der einzelnen Übungen zum Anstieg des Herzfrequenz-Niveaus auf Werte zwischen 180 und maximal 218 Schläge/min (Ableitung 3). In den übungsfreien Intervallen ging die Herzfrequenz meist nicht ganz bis zum Ausgangswert zurück.

Die Herzfrequenz-Variabilität änderte sich in Form von vermehrten langsamen Fluktuationen (absolute power); in Ableitung 2 nur während der ersten Hälfte der Therapiephase deutlich. In Ableitung 1 nahmen auch die mittelfrequenten Fluktuationen gering zu.

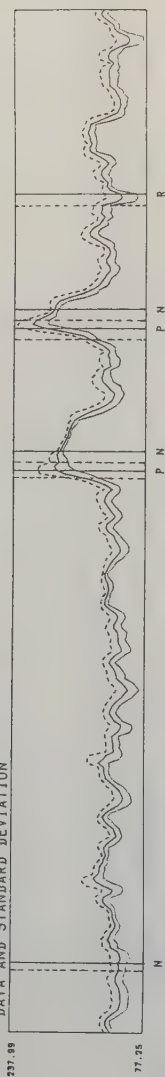
Die relative power zeigte in den drei Ableitungen keine sicheren Veränderungen.

Die Bewertung der Reflexantworten lag bei den einzelnen Übungen zwischen 2 und 4.

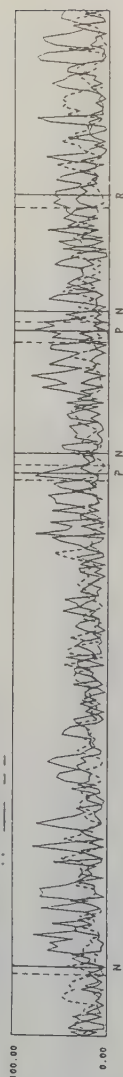
Die systolische Blutdruckmessung ergab vor Therapie 110 bis 130 mmHg, nach Therapie 120 bis 140 mmHg mit Differenzen von 10 und 20 mmHg. Nach Ruhephase 2 lagen die Werte bei 110 bis 130 mmHg.

2/3 *13.07.81

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: LO. MED. HI



ABSOLUTE POWER: LO. MED. HI

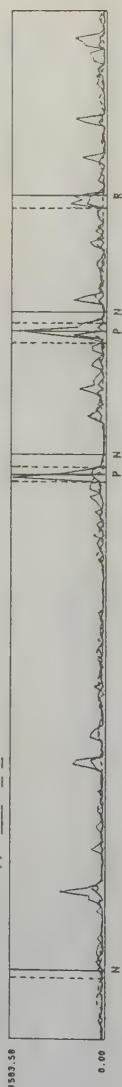


Abbildung 5 Erklärung wie Abb. 1

Kind 2, Untersuchung 3

Kind 3

männlich, 28 Monate alt, Vojta-Therapie seit 3 Monaten

Ableitungen 1 bis 4

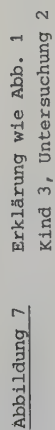
Bei Ausgangsruhewerten von 95 bis 135 Schlägen/min stieg das Herzfrequenz-Niveau während Therapie in allen Ableitungen an, meist in deutlicher Abhängigkeit von den einzelnen Übungen. In Ableitung 2 kam es zu einer geringen bis mittleren Zunahme (130 bis 160/min), in den übrigen Ableitungen stiegen die Werte auf 150 bis maximal 185/min. Die Ruhewerte nach Therapie entsprachen mit 95 bis 140 /min in etwa wieder den Ausgangswerten.

Die Herzfrequenz-Variabilität änderte sich vor allem in Form von zunehmenden niederfrequenten Fluktuationen (LO in absolute power). Geringer stiegen in Ableitung 2 auch die raschen, und in den übrigen Ableitungen die mittelfrequenten Fluktuationen an. Die Variabilitätszunahme war nicht bei allen Einzelübungen konstant feststellbar. Die relative power änderte sich während Therapie nur bei Ableitung 2 und 4 im Sinne einer streckenweisen Zunahme der prozentualen niederfrequenten Anteile.

Die Bewertung der einzelnen Übungen, die erst ab Ableitung 2 durchgeführt wurde, lag bei dieser durchwegs bei 5, in den Ableitungen 3 und 4 zwischen 2 und 5 mit Überwiegen der guten und mittleren Reflexantworten.

Die Blutdruckmessung lieferte systolische Werte von 110 bis 130 mmHg vor Therapie, 120 bis 140 mmHg nach Therapie mit Differenzen von 0 bis 20 mmHg. Bei Messung nach Ruhephase 2 lagen die Werte zwischen 110 und 140 mmHg.

DATA AND STANDARD DEVIATION



Kind 4

männlich, 32 Monate alt, Vojta-Therapie seit 8 Monaten

Ableitungen 1 bis 5

In allen Ableitungen war während der Therapiephase ein übungsabhängiger Anstieg des Herzfrequenz-Niveaus festzustellen. Ausgehend von Ruhewerten zwischen 105 und 130 Schlägen/min stieg die Herzfrequenz auf 140 bis maximal 195/min und kehrte in Ruhephase 2 bei allen Ableitungen relativ rasch auf das jeweilige Ausgangsniveau zurück.

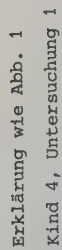
Die Herzfrequenz-Variabilität (absolute power) änderte sich während der Therapiephase im Vergleich zur Ruhephase kaum; nur bei einigen Übungen war eine geringe Zunahme der niederfrequenten Fluktuationen registrierbar.

Die relative power zeigte häufig einen Rückgang der prozentualen niederfrequenten, weniger auch der mittelfrequenten Anteile während der einzelnen Übungen. Da kein gleichzeitiger deutlicher Anstieg der höherfrequenten Anteile zu registrieren war, mußten die Fluktuationen im Bereich größer als 30 Sekunden liegen, der quantitativ nicht gesondert dargestellt wurde, zur Gesamtheit der power (100%) jedoch beitrug. Für langsamere Veränderungen sprach auch die meist sehr träge Anhebung des Herzfrequenz-Niveaus während der einzelnen Übungen. Somit war auch bei Registrierung der absolute power das Fehlen von niederfrequenten Fluktuationen (LO) während der Übungen als Verlagerung in Richtung noch langsamerer Fluktuationen mit Zyklusdauer über 30 Sekunden zu verstehen.

Die Bewertung der einzelnen Übungen, durchgeführt ab Ableitung 2, lag zwischen 3 und 5. Eine Korrelation zum Ausmaß des Herzfrequenz-Anstiegs bestand dabei nicht.

Die systolischen Blutdruckwerte schwankten vor Therapie zwischen 100 und 130 mmHg, nach Therapie zwischen 110 und 130 mmHg mit Differenzen von 0 und 10 mmHg.

DATA AND STANDARD DEVIATION



DATA AND STANDARD DEVIATION

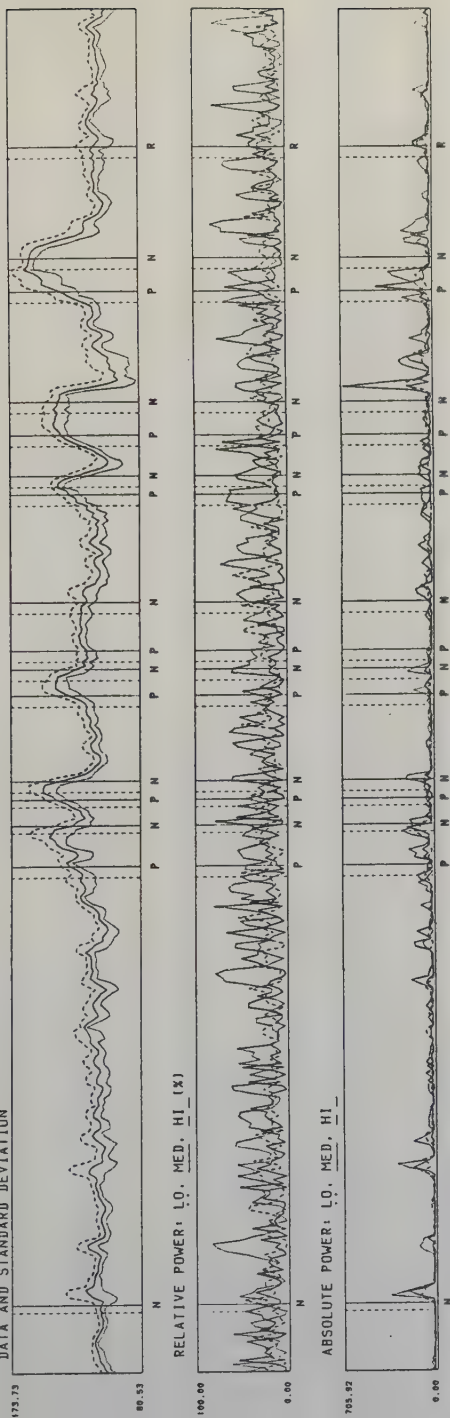
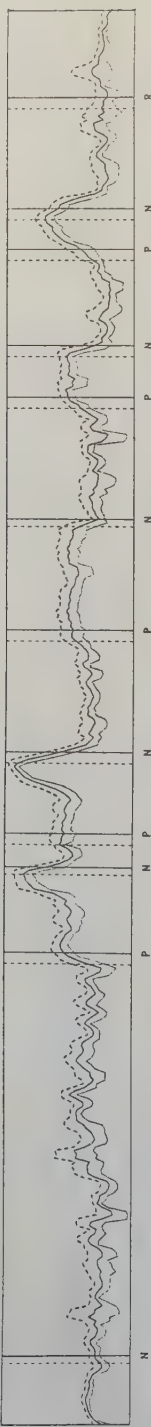


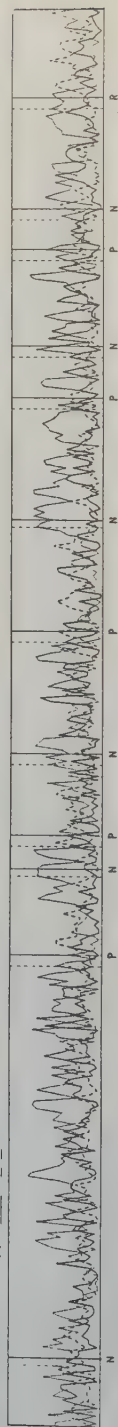
Abbildung 12 Erklärung wie Abb. 1
Kind 4, Untersuchung 3

4/4 *20.12.80

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: L.O. MED. HI. (x)



ABSOLUTE POWER: L.O. MED. HI.

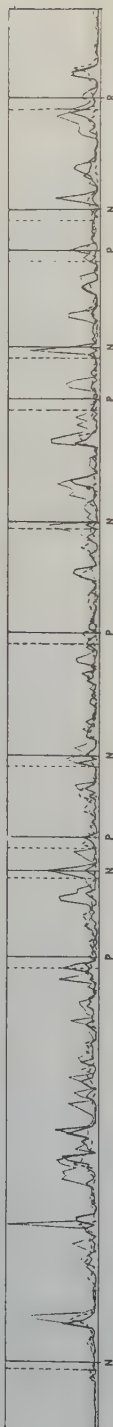


Abbildung 13 Erklärung wie Abb. 1

Kind 4, Untersuchung 4

Kind 5

weiblich, 50 Monate alt, Vojta-Therapie seit 36 Monaten

Ableitungen 1 bis 4

Bei allen Ableitungen stieg das Herzfrequenz-Niveau während Therapie an, bei den ersten Übungen nur gering, dann zunehmend deutlicher. Bei Ruhewerten zwischen 115 und 150 Schlägen/min wurden unter Therapie Frequenzen bis maximal 205/min (Ableitung 2), meist jedoch zwischen 150 und 180 /min erreicht. In Ruhephase 2 wurde das Ausgangsniveau unterschiedlich rasch wieder eingenommen.

Bei der Bestimmung der Variabilität (absolute power) zeigte sich insgesamt eine geringe bis mäßige Zunahme der langsamen Fluktuationen während Therapie, doch traf dies nicht konstant für alle Übungen zu. In Ableitung 1 und besonders Ableitung 3 variierte die Herzfrequenz in Ruhephase 2 noch lebhaft.

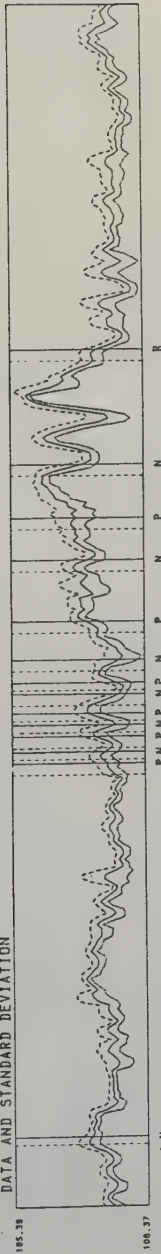
Die relative power änderte sich im Verlauf der Ableitungen nicht wesentlich.

Die Bewertung der Einzelübungen, erst von Ableitung 2 an durchgeführt, lag bei letzterer durchwegs bei 5. In Ableitung 3 und 4 schwankte sie von 2 bis 4.

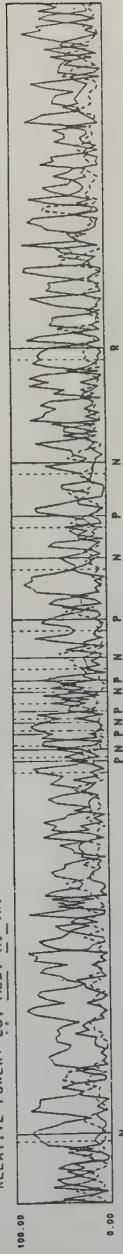
Die Blutdruckwerte lagen vor Therapie systolisch immer bei 130 mmHg, unmittelbar nach Therapie zwischen 120 und 140 mmHg, ebenso bei der Messung nach Ruhephase 2.

5/3 *05.06.79

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: L.O. MED. HI (%)



ABSOLUTE POWER: L.O. MED. HI

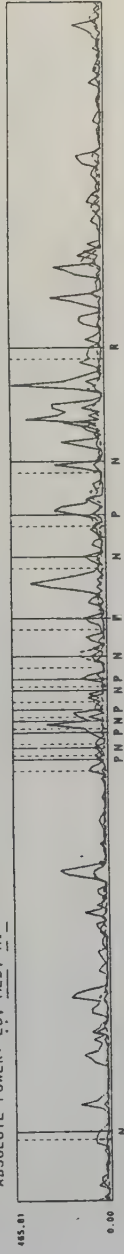


Abbildung 17 Erklärung wie Abb. 1
Kind 5, Untersuchung 3

Kind 6

männlich, 8 Monate alt, Vojta-Therapie seit 5 Monaten

Ableitungen 1 bis 3

Beim jüngsten Kind der Patientengruppe entsprach das Herzfrequenz-Niveau in Ruhephase 1 und 2 nahezu dem während Therapie. Die Frequenzen schwankten zwischen 110 und maximal 155 Schlägen pro Minute. Der geringe Frequenzanstieg während der Übungen lag innerhalb der Schwankungsbreite in Ruhe. Die Variabilität blieb während der gesamten Ableitungen ohne eindeutige Veränderungen, insbesondere war keine Zunahme der langsamen Fluktuationen (absolute power) feststellbar. Auch die relative power änderte sich nicht eindeutig.

Die Bewertung der einzelnen Übungen lag zwischen 3 und 5 mit überwiegend fehlenden und schlechten Reflexantworten.

Der Blutdruck lag vor Therapie systolisch bei 130 mmHg, nach Therapie mit 110 und 120 mmHg etwas niedriger.

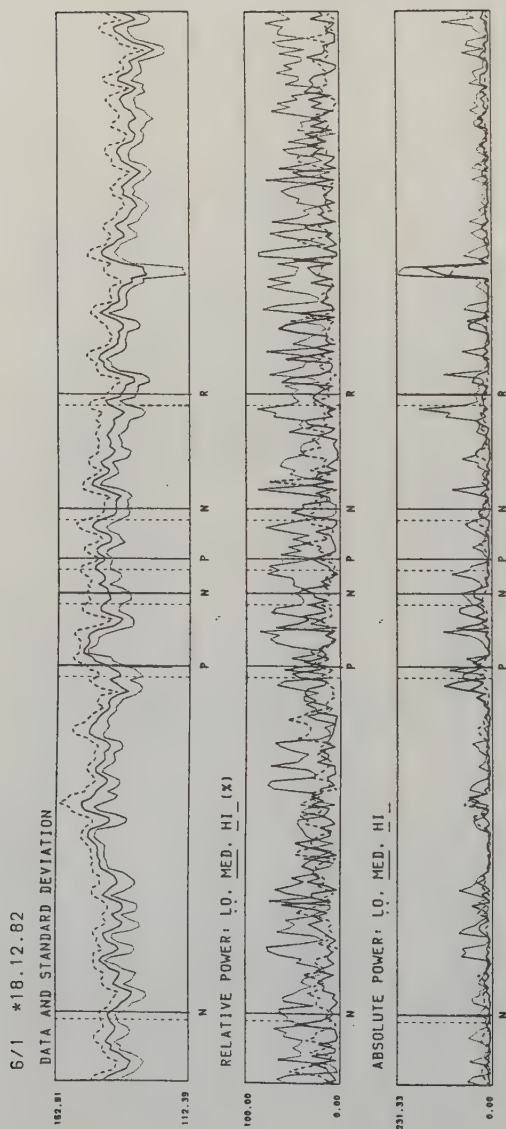
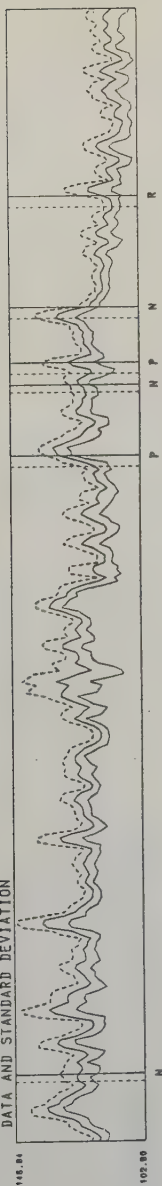


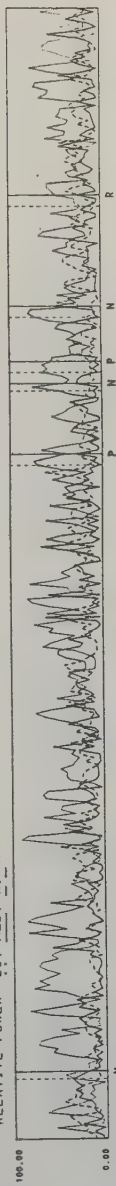
Abbildung 19 Erklärung wie Abb. 1
Kind 6, Untersuchung 1

6/2 *18.12.82

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: L.O. MED. H1 (x)



ABSOLUTE POWER: L.O. MED. H1

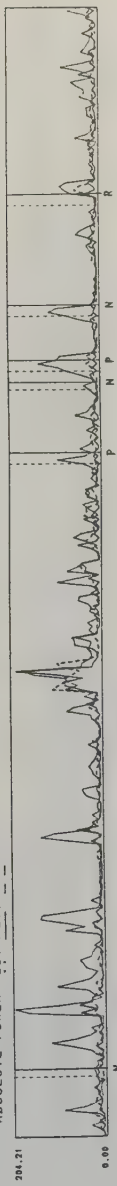


Abbildung 20 Erklärung wie Abb. 1

Kind 6, Untersuchung 2

6/3 *18.12.82

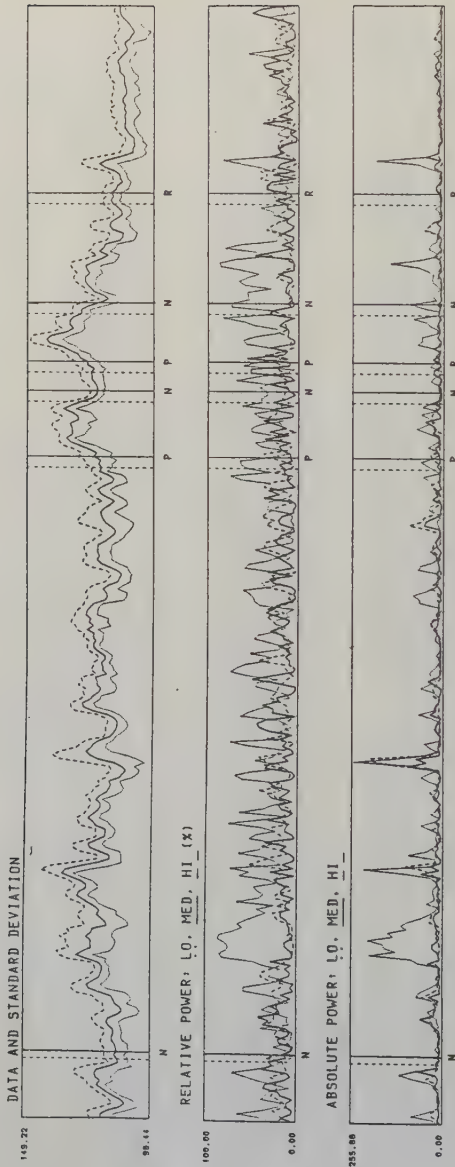


Abbildung 21 Erklärung wie Abb. 1
Kind 6, Untersuchung 3

Kind 7

männlich, 57 Monate alt, Vojta-Therapie seit 48 Monaten

Ableitung 1

Die vor Therapie zwischen 100 und 135 Schlägen pro Minute schwankende Herzfrequenz nahm während Therapie bis maximal 210/min zu. Dabei war eine deutliche Zunahme der niederfrequenten Fluktuationen (absolute power) zu registrieren. Mit der raschen Frequenzstabilisierung auf dem Ausgangsniveau in Ruhephase 2 verschwanden die langsamen Fluktuationen weitgehend.

Die relative power ließ während der Therapiephase ebenfalls eine Verlagerung zugunsten der langsamen Herzfrequenz-Veränderungen erkennen.

Die Bewertung der Reflexantworten war immer 2.

Der Blutdruck blieb mit 110 mmHg vor und nach Therapie gleich.

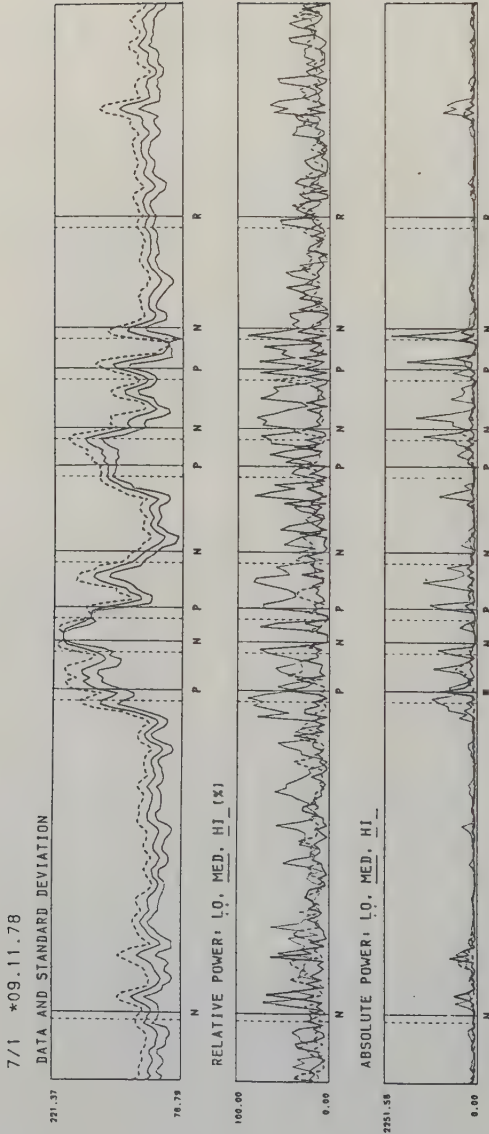


Abbildung 22 Erklärung wie Abb. 1
Kind 7, Untersuchung 1

Kind 8

männlich, 153 Monate alt, Vojta-Therapie seit 2 Wochen

Ableitungen 1 bis 4

Das mit Abstand älteste Kind der untersuchten Gruppe zeigte in allen Ableitungen während Ruhephase 1 und 2 Herzfrequenz-Schwankungen (Ruhewerte von 90 bis 130 Schläge /min), deren Maximalwerte in der Therapiephase niemals erreicht wurden. Bei den einzelnen Übungen stieg die Herzfrequenz meist um 10 bis 15 Schläge auf 105 bis 115/min an und nahm im übungsfreien Intervall etwa um den gleichen Betrag wieder ab. Nur in Ableitung 3, gering auch in Ableitung 4, war dabei eine Zunahme der niederfrequenten Fluktuationen (absolute power) während der Therapiephase feststellbar.

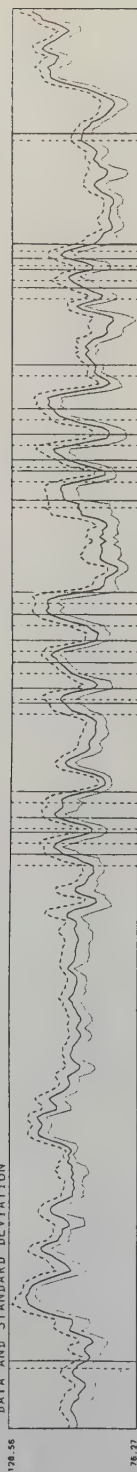
Die relative power zeigte keine übungsabhängigen Veränderungen.

Die Bewertung der einzelnen Übungen lag zwischen 2 und 5 mit überwiegend schlechten und fehlenden Reflexantworten.

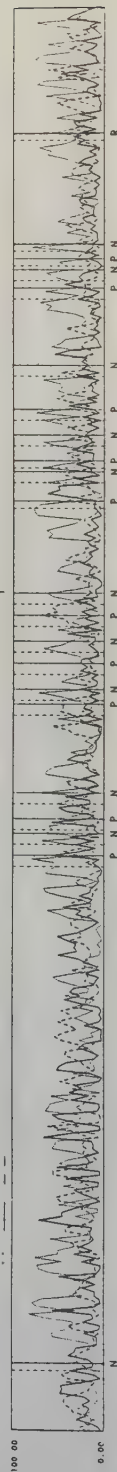
Die Blutdruckmessung vor Therapie ergab systolische Werte von 120 und 130 mmHg, nach Therapie von 130 bis 160 mmHg, nach Ruhephase 2 120 bis 140 mmHg.

8/3 *13.11.70

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: L.O. MED. HI. 1%



ABSOLUTE POWER: L.O. MED. HI. 1%

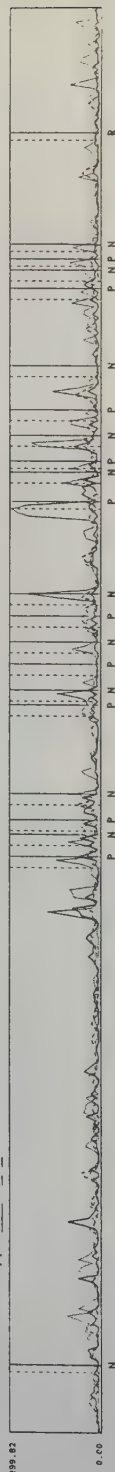


Abbildung 25

Erklärung wie Abb. 1

Kind 8, Untersuchung 3

Kind 9

männlich, 45 Monate alt, Vojta-Therapie seit 4 Monaten

Ableitungen 1 und 2

In beiden Ableitungen waren die Ruhefrequenzen stabil um 130 Schläge pro Minute. Während Therapie wurden Werte von 160 bis 190/min erreicht. Dabei nahmen besonders die langsamen, gering auch die mittelfrequenten Fluktuationen zu. In Ableitung 1 kehrte die Herzfrequenz nach Therapie rasch, in Ableitung 2 erst nach größeren Schwankungen auf das Ausgangsniveau zurück. Dies äußerte sich bei Ableitung 2 in einem Anhalten der niederfrequenten Fluktuationen während Ruhephase 2.

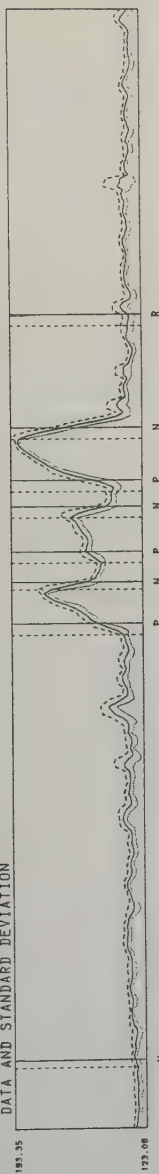
Die relative power zeigte eine geringe Verlagerung zugunsten der langsamen Fluktuationen während der Therapiephase.

Die Bewertung der Einzelübungen lag bei 4 und 5.

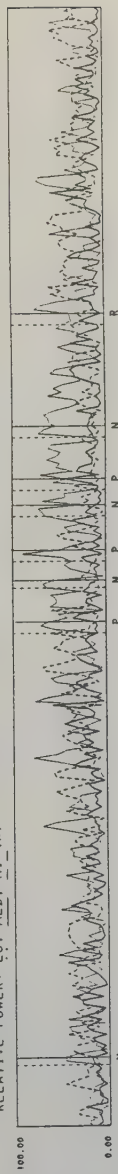
Die Blutdruckwerte betrugen 110 mmHg vor und 130 mmHg nach Therapie.

9/1 * 17.11.79

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: LQ. MED. HI. (%)



ABSOLUTE POWER: LQ. MED. HI. (%)

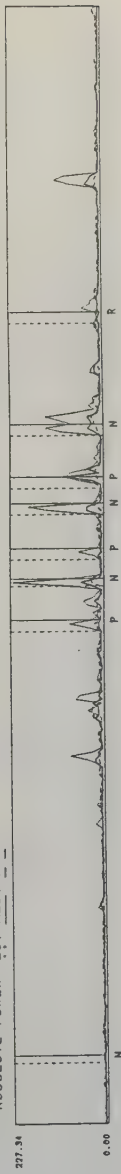


Abbildung 27 Erklärung wie Abb. 1
Kind 9, Untersuchung 1

9/2 *17.11.79

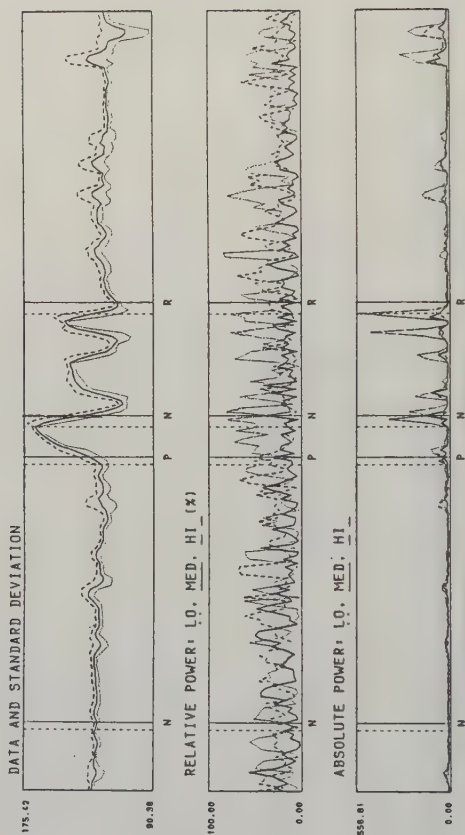


Abbildung 28

Erklärung wie Abb. 1

Kind 9, Untersuchung 2

Kind 10

weiblich, 40 Monate alt, Vojta-Therapie seit 30 Monaten

Ableitungen 1 und 2

Ausgehend von Ruhefrequenzen um 100 Schläge pro Minute in Ableitung 1, bzw. 120/min in Ableitung 2 kam es zu Beginn der Therapie in beiden Ableitungen zu einem langsamen Anstieg der Herzfrequenz mit nachfolgendem Plateau um 180, bzw. 190/min während der Therapiephase und einem langsamen Frequenzabfall nach Therapie auf das Ausgangsniveau.

Die absolute power zeigte eine Abnahme aller, also auch der niederfrequenten Fluktuationen während der frequenzstabilen Abschnitte der Therapiephase.

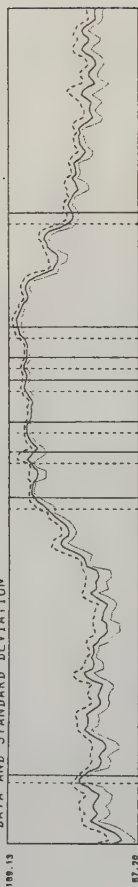
Die relative power veränderte sich nicht eindeutig therapieabhängig.

Die Bewertung der Reflexantworten lag bei 5, nur einmal bei 4.

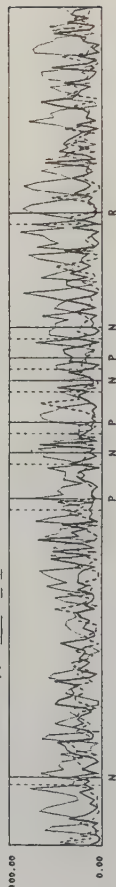
Die Blutdruckwerte betrugen 120 mmHg vor, 130 mmHg nach Therapie.

10/1 *22.04.80

DATA AND STANDARD DEVIATION



RELATIVE POWER: LO. MED. HI. (%)



ABSOLUTE POWER: LO. MED. HI.

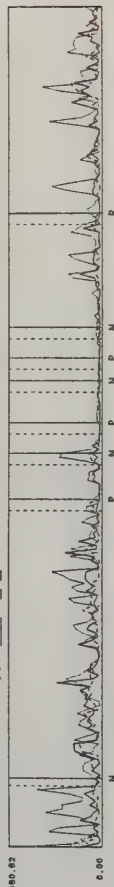


Abbildung 29

Erklärung wie Abb. 1
Kind 10, Untersuchung 1

DATA AND STANDARD DEVIATION

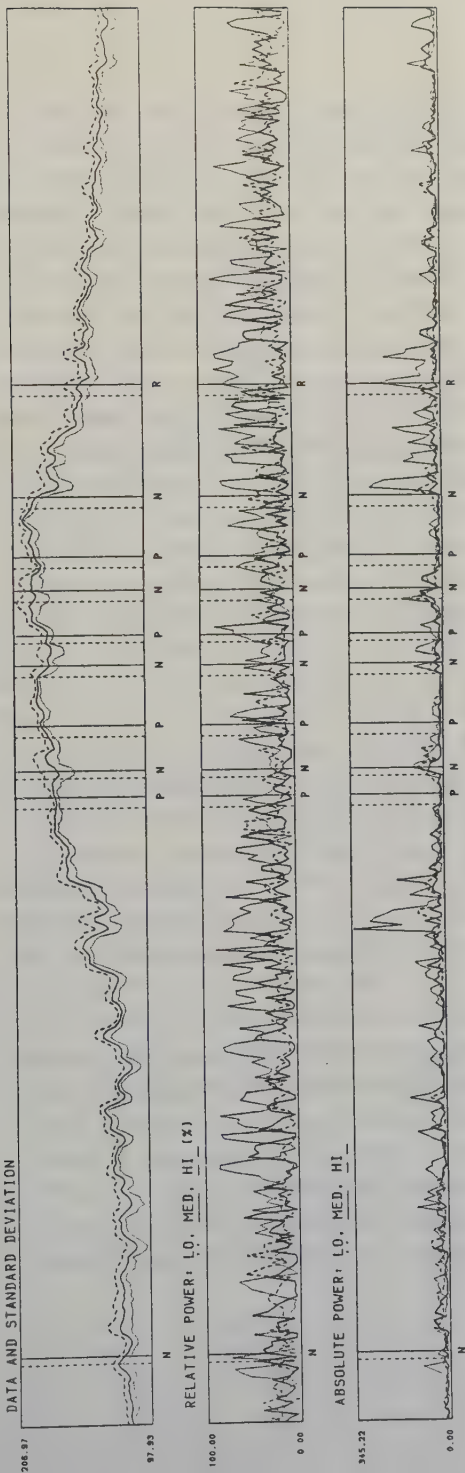


Abbildung 30 Erklärung wie Abb. 1
Kind 10, Untersuchung 2

Erklärung wie Abb. 1

Kind 10, Untersuchung 2

4.2. Zusammenfassung der Ergebnisse

In nahezu allen Ableitungen zeigte sich während Physiotherapie eine Anhebung des Herzfrequenz-Niveaus. Abhängig von der zeitlichen Folge der einzelnen Übungen stieg die Frequenz während der Übung meist an und fiel im übungsfreien Intervall auf Werte über dem Ausgangsniveau ab. In langen Intervallen wurden zum Teil Ausgangswerte erreicht. Kind 10 bildete insofern eine Ausnahme, als nach langsamem Herzfrequenz-Anstieg ein Plateau während der Therapiephase erreicht wurde. Das Ausmaß des Herzfrequenz-Anstiegs war intra- und interindividuell unterschiedlich. Das Ausgangsniveau in Ruhe lag zwischen 90 und 130 Schlägen pro Minute. Während Therapie stieg die Herzfrequenz auf Werte bis maximal 220/min. Herzfrequenzen über 200/min wurden jedoch nur vereinzelt erreicht, meist bewegten sie sich zwischen 140 und 180/min.

Die größere Variabilität der Herzfrequenz während Physiotherapie äußerte sich primär in der Zunahme niederfrequenter Fluktuationen (LO, 0,07 bis 0,05 Hz), bezogen auf die absolute power der zyklischen Veränderungen. Dies traf bei Kind 1, 2, 3, 5, 7 und 9 in allen Ableitungen zu. Bei Kind 3 stiegen auch die mittelfrequenten Fluktuationen (MED) in der Therapiephase mehr als bei den übrigen Kindern an.

Kind 4 zeigte nur vereinzelt eine geringe Zunahme der niederfrequenten Fluktuationen, wiederholt gingen die Fluktuationen während eines trägen Herzfrequenz-Anstiegs auf Null. Dabei sprach das Verhalten der relative power für das Auftreten quantitativ nicht gesondert erfaßter langsamerer Fluktuationen (s. u.).

Die untersuchten Kinder 6 und 8, deren übungsabhängiger Herzfrequenz-Anstieg in allen Ableitungen inner-

halb der Herzfrequenz-Schwankungen in Ruhe lag, zeigten keine oder nur eine geringe Zunahme (Kind 8, Ableitungen 3 und 4) der langsamen wie auch der übrigen Fluktuationen.

Kind 10 erreichte während der Therapiephase jeweils ein Plateau in der Herzfrequenz. Die geringe Variabilität in dieser Phase äußerte sich in einem Rückgang aller Fluktuationen.

Die relative power zeigte bei einem Großteil der Ableitungen keine deutlichen therapiebedingten Veränderungen. In einigen Untersuchungen war eine gering- bis mäßiggradige Verlagerung der Variabilität in Richtung auf niederfrequente Fluktuationen zu registrieren. Auffallend war bei Kind 4 die wiederholte Abnahme der Anteile langsamer Fluktuationen während der Übungen ohne gleichzeitige Zunahme mittel- oder höherfrequenter Anteile. Bei nicht gesonderter Darstellung langsamerer Fluktuationen als 0,03 Hz, welche aber in die Gesamtheit der Variabilität (=100%) mit eingingen, war eine Verlagerung in Richtung auf diese besonders langsamen zyklischen Veränderungen anzunehmen.

Die Bewertung der einzelnen Übungen durch die Krankengymnastinnen schwankte zwischen 2 und 5 der Skala 1 bis 5 mit Überwiegen der mäßig bis schlecht ausgeprägten Reflexantworten. Eine fehlende oder kaum zu registrierende Antwort korrelierte nicht zwangsläufig mit einer geringeren Anhebung der Herzfrequenz oder einer verminderten Variabilität im Vergleich mit gut beantworteten Übungen.

Die Messung des Blutdrucks war unmittelbar nach Therapie wegen der Unruhe der Kinder oft schwierig durchzuführen und nur für die systolischen Werte zuverlässig.

Bei Ausgangswerten von 100 bis 130 mmHg und Werten nach Therapie von 110 bis 160 mmHg lagen die Differenzen maximal bei 30 mmHg. Nach Ruhephase 2 und Rücktransport ins Bett waren in allen Fällen die Ausgangswerte wieder erreicht oder lagen nur gering darüber.

Die Einzelergebnisse der untersuchten Kinder mit Verhalten von Herzfrequenz, absolute und relative power während Therapie, Bewertung der einzelnen Übungsantworten und Blutdruckwerten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2

Kind	Ableitung	Herzfrequenz während Therapie	relative Fluktuationen während Therapie	absolute Fluktuationen während Therapie	Bewertung der Einzelübungen	Blutdruck (syst.) vor / nach Therapie / nach Ruhephase 2 (mmHg)
1	1	↑	↔	↑ (<u>LO</u> , MED)	⊖	⊖
	2	↑	(↑) (LO)	↑ (<u>LO</u> , MED)	2/2/3/3	120/120/110
2	1	↑	↔	↑ (<u>LO</u> , MED)	3/2/4/4	110/130/110
	2	↑	↔	↑ (LO)	4/3/4	130/140/130
	3	↑	↔	↑ (LO)	3/3	110/120/120
3	1	↑	↔	↑ (<u>LO</u> , MED)	⊖	⊖
	2	↑	(↑) (LO)	↑ (<u>LO</u> , HI)	5/5/5/5/5/5	130/130/120
	3	↑	↔	(↑) (<u>LO</u> , MED)	2/2/4/4	110/120/110
	4	↑	(↑) (LO)	↑ (<u>LO</u> , MED)	5/3/2/2	120/140/140
4	1	↑	(↓) (<u>LO</u> , MED)	↔/(↑) (<u>LO</u> , MED)	⊖	⊖
	2	↑	(↓) (<u>LO</u> , MED)	(↑) (LO)	3/4/5/4/5	120/130/130
	3	↑	↔	↔	3/4/3/4/3/3/3	130/130/130
	4	↑	↔/(↓) (<u>LO</u> , MED)	↔	4/4/5/5/3	120/130/110
	5	↑	↔/(↓) (LO)	↔	4/5/3	100/110/110
5	1	↑	↔	(↑) (LO)	⊖	⊖
	2	↑	↔	↑ (LO)	5/5/5/5/5/5	130/120/120
	3	↑	↔	↑ (LO)	4/3/3/3/3/4/2/2	130/130/120
	4	↑	↔	↑ (LO)	3/3/3/3	130/140/140

Tabelle 2, Fortsetzung

Kind	Ableitung	Herzfrequenz während Therapie	relative Fluktuationen während Therapie	absolute Fluktuationen während Therapie	Bewertung der Einzelübungen	Blutdruck (syst.) vor / nach Therapie / nach Ruhephase 2 (mmHg)
6	1	(↑) *	↔	↔	5/5	130/140/140
	2	(↑) *	↔	↔	4/5	130/110/110
	3	↑ *	↔	↔	3/4	130/120/120
7	1	↑	↑ (LO)	↑ (LO)	2/2/2/2	110/110/100
8	1	(↑) *	↔	↔	4/5/5/5/5	130/150/120
	2	(↑) *	↔	↔	4/3/3/2/4/3/4/4	120/150/130
	3	(↑) *	↔	↑ (LO)	3/4/4/4/4/4/3/4	130/160/140
	4	(↑) *	↔	(↑) (LO)	4/4/3/3/4/4/4/4/4	120/130/130
9	1	↑	(↑) (LO)	↑ (LO)	4/5/5	110/130/140
	2	↑	(↑) (LO)	↑ (LO)	4	110/130/120
10	1	↑	↔	↓	5/5/5	120/ — /130
	2	↑	↔	↓	5/5/5/4	120/130/130

Zeichenerklärung: ⊕ Messung bei diesem Versuch noch nicht durchgeführt; ↑ Anstieg, ↓ Abfall,
↔ keine Änderung, (↑) (↓) geringer, nicht bei allen Übungen aufgetretener
Anstieg oder Abfall, * HF-Anstieg innerhalb der Schwankungsbreite in Ruhe.
LO / MED / HI : Zyklusdauer von 15 bis 30 sec / 7,5 bis 15 sec / kleiner 7,5 sec.
Bewertungsskala von 1 bis 5, 1 = sehr gute, 5 = fehlende Reflexantwort.

5. DISKUSSION

Die durchgeführten Untersuchungen erbrachten Ergebnisse, die zum Teil den Erwartungen und den aus der Literatur bekannten Daten entsprachen, zum Teil zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht endgültig beurteilbar sind.

5.1. Verhalten von Herzfrequenz-Niveau und Blutdruck unter Vojta-Therapie

In der vorliegenden Untersuchung lagen die Ruhewerte der Herzfrequenz bei 90 bis 130 Schlägen pro Minute und damit deutlich unter dem Mittelwert der Vergleichsstudie von Beetz und Jüngst (1983), die in der untersuchten Gruppe von Säuglingen eine mittlere Ruhefrequenz von 135/min festgestellt hatten. Dies ist auf die unterschiedliche Altersgruppe zurückzuführen, die bei Beetz und Jüngst drei Wochen bis drei Monate alte Säuglinge, in unserer Untersuchung 8 bis 153 Monate alte Kinder umfaßte. Beetz und Jüngst fanden während Vojta-Therapie Steigerungen der Herzfrequenz von 20 bis 38 Prozent, entsprechend einem Anstieg auf 160 bis 190 Schläge pro Minute. Ähnlich war der Anstieg des Herzfrequenz-Niveaus in unseren Ableitungen auf Werte meist von 140 bis 180/min., vereinzelt auch bis 200 und darüber (maximal bis 220/min). Ob die Herzfrequenz während der übungsfreien Intervalle auf das Ausgangsniveau zurückging oder erhöht blieb, hing in den meisten Fällen von der zeitlichen Aufeinanderfolge der Übungen ab. Bei Kind 10 wurde bei rascher Folge der einzelnen Übungen eine plateauförmige Erhöhung der

Herzfrequenz erreicht. Das jüngste Kind (Kind 6, 8 Monate alt) zeigte in Ruhe und unter Therapie ähnliche Schwankungen des Herzfrequenz-Niveaus. Dabei fiel auf, daß die erwünschte motorische Reaktion während der Physiotherapie kaum gesehen wurde.

Die Dauer der Vojta-Therapie war in den meisten Fällen ausreichend lang (vier Monate und länger), um von einer gewissen Gewöhnung des Kindes an die Belastung ausgehen zu können. Kind 2 (25 Monate alt, Vojta-Therapie seit einem Monat) mit relativ kurzer Therapie-dauer zeigte meist einen überdurchschnittlich hohen Herzfrequenz-Anstieg während der Übungen (bis 220/min). Eine sichere Beurteilung, ob dies der kurzen Therapie-dauer zuzuschreiben ist, würde eine erneute Ableitung nach längerer Behandlung erfordern. Kind 8 (153 Monate alt) mit Therapie seit zwei Wochen kann wegen des großen Altersunterschiedes nicht mit den übrigen Kindern verglichen werden.

Die Kreislaufbelastung schien bei den durchgeführten Untersuchungen ein vertretbares Maß im allgemeinen nicht zu überschreiten. Dafür sprach auch der maximal um 30 mmHg erhöhte systolische Blutdruck nach Therapie. Risikokinder mit kardiovaskulären Erkrankungen, bei denen eine sorgfältige Abwägung von Indikation und Kontraindikation der Physiotherapie vorgenommen werden muß, waren nicht in der untersuchten Gruppe von Patienten.

5.2. Periodische Fluktuationen der Herzfrequenz unter Vojta-Therapie

In weiteren Untersuchungen am Kinderzentrum wurden die periodischen Veränderungen der Herzfrequenz unter

Ruhebedingungen bei normalen Kindern und Kindern mit zentraler Koordinationsstörung bestimmt. Mittels Fourier-Analyse wurden alle Fluktuationen bestimmter Frequenz im untersuchten Zeitraum anteilmäßig erfaßt. Eine endgültige Auswertung der Daten lag zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch nicht vor, doch ließen vorläufige Ergebnisse mehrere Frequenzspitzen im Verteilungsbild der Fluktuationen erkennen. So lagen die höchsten Spitzen im Bereich von 0,05 bis 0,04 Hz (entsprechend einer Zyklusdauer von 20 bis 25 Sekunden). Eine weitere Spitze lag bei 0,1 Hz (entsprechend 10 Sekunden Zyklusdauer). Höherfrequente Fluktuationen mit einer Spitze bei 0,5 bis 0,25 Hz (Zyklusdauer 2 bis 4 Sekunden) fielen quantitativ weniger ins Gewicht.

In Anlehnung an diese Schwerpunkte der Herzfrequenz-Fluktuationen wurden die Bereiche festgelegt, für welche das Verhalten der Fluktuationen während Vojta-Physiotherapie beobachtet werden sollte. Als langsame, niederfrequente Fluktuationen (LO) galten periodische Veränderungen von 30 bis 15 Sekunden Dauer (0,03 bis 0,07 Hz). Die Zyklusdauer mittelfrequenter Fluktuationen (MED) lag zwischen 15 und 7,5 Sekunden (0,07 bis 0,13 Hz), die rascher Fluktuationen (HI) bei weniger als 7,5 Sekunden (größer 0,13 Hz).

Diese Einteilung trug auch weitgehend den Ergebnissen von Sayers (1973) Rechnung, der unter Ruhebedingungen Schwerpunkte periodischer Herzfrequenz-Schwankungen bei 0,04, 0,1 und 0,4 Hz fand.

Die als Antwort auf den Barorezeptorreflex und somit als Blutdruckregulationskomponente diskutierte 0,1 Hz - Fluktuation, deren Oszillieren nach Sayers spontan und stabil sein soll, entsprach den mittelfrequenten Fluktuationen (MED) der vorliegenden Untersuchung. Diese zeigten ein Verteilungsmuster, das nur unregelmäßig und nicht sehr ausgeprägt von der Physiotherapie beeinflusst zu sein schien, und zwar im Sinne einer

leichten, inkonstanten Zunahme in der Therapiephase. Lediglich bei Kind 3 war wiederholt eine mäßiggradige Zunahme der absolute power während Therapie festzustellen.

Bei den hochfrequenten Fluktuationen im Bereich um 0,4 Hz wurde der Respirationszyklus berücksichtigt, dessen Verlauf von Atemtiefe und Atemfrequenz abhängt. Diese Fluktuationen waren bei den untersuchten Kindern quantitativ am kleinsten. Bei ähnlicher Ausprägung über mehrere Ableitungen eines Patienten reichten die Verläufe interindividuell von kaum zu registrierenden bis zu deutlichen hochfrequenten Fluktuationen. Eine Übungsabhängigkeit war nicht sicher festzustellen, wobei geringe Veränderungen möglicherweise von den quantitativ dominierenden niederfrequenten Fluktuationen, die den Maßstab setzten, überdeckt wurden.

Mit den niederfrequenten Fluktuationen (LO) wurden die 0,04 Hz -Zyklen erfaßt, die nach Sayers ein variables und inkonstantes Oszillieren zeigen und auf eine Änderung des Vasomotorentonus im Rahmen der Thermoregulation zurückzuführen sind. Diese Fluktuationen dominierten bei den untersuchten Kindern bereits unter Ruhebedingungen in der Amplitude und meist auch der Häufigkeit des Auftretens, welches inkonstant war.

Bei 6 Kindern, darunter auch Kind 2 mit erst einmonatiger Vojta-Therapie, nahm die absolute power der niederfrequenten Fluktuationen während Physiotherapie eindeutig zu, sowohl in der Amplitude als auch in der Häufigkeit des Auftretens. Bei Kind 4, dessen langsame Fluktuationen während Therapie zurückgingen, ließ das Verhalten der relative power mit Rückgang der niederfrequenten Fluktuationen bei gleichzeitig unveränderten raschen Komponenten auf die Verlagerung in Richtung langsamerer Fluktuationen (kleiner 0,03 Hz) schließen, da diese bei

relative und absolute power nicht gesondert quantitativ erfaßt wurden, zur Gesamtheit der relative power aber beitrugen. Die untersuchten Kinder 6 und 8, mit 8 bzw. 153 Monaten das jüngste und älteste Kind der Gruppe, zeigten keine therapiebedingte Veränderung der Herzfrequenz-Variabilität, womit auch keine Anhebung des Herzfrequenz-Niveaus über Ruhewerte hinaus zu registrieren war. Bei Kind 10 war die reduzierte Herzfrequenz-Variabilität mit Rückgang aller Fluktuationen während Physiotherapie bereits in der plateauförmigen Anhebung des Herzfrequenz-Niveaus zu sehen.

Beim überwiegenden Teil der untersuchten Kinder war also in mehreren Ableitungen reproduzierbar die Zunahme der Herzfrequenz-Variabilität während Physiotherapie primär eine Zunahme der niederfrequenten Fluktuationen. In geringerem Maße spielte auch der Anstieg mittelfrequenter Fluktuationen eine Rolle.

Nach Akselrod (1981) unterstehen diese Fluktuationen einer gleichzeitigen Sympathikus-Parasympathikus-Wirkung. Die Amplitude der niederfrequenten Fluktuationen soll darüberhinaus vom Renin-Angiotensin-System beeinflusst werden. Die Tendenz zur Zunahme langsamer Fluktuationen unter Vojta-Therapie wäre demnach als Stimulierung dieser Systeme zu verstehen. Der von Lindqvist et al. (1983) festgestellte Anstieg der Herzfrequenz-Variabilität im Bereich von 0,04 Hz auf Wärmereiz, der mit dem Reifungsgrad Neugeborener zunahm, läßt beim Anstieg dieser Fluktuationen unter Vojta-Therapie eine der Thermoregulation vergleichbare, autoregulatorische Komponente annehmen.

Die von Sayers beschriebene Verlagerung der Herzfrequenz-Variabilität in Richtung auf langsame Fluktuationen um 0,04 Hz unter mentaler Belastung bei Erwachsenen ist ein weiterer Befund, der die Rolle dieser langsamen Fluktuationen herausstellt. Hinzu kommt, daß

die von Sayers erstmals verwendete Analysemethoden mittels Fourier-Analyse ermittelte Powerspektren eine gute Vergleichbarkeit mit unseren Daten erlaubt.

Die spontan generierten niederfrequenten Fluktuationen bei gesunden Neugeborenen und die bei höherer Herzfrequenz geringere Variabilität im niederfrequenten Bereich bei Frühgeborenen im Vergleich mit reifen Kindern gleichen Gestationsalters (Cabal et al., 1980) lassen einen Reifungsprozeß annehmen, der sich in der zunehmenden Bedeutung langsamer Fluktuationen der Herzfrequenz äußert.

Oggleich sich die genannten Arbeiten mit ihren unterschiedlichen untersuchten Personengruppen, Meß- und Analyseverfahren nur zum Teil für die vorliegende Arbeit zum Vergleich heranziehen lassen, bestätigen unsere Ergebnisse erneut die Bedeutung der niederfrequenten Fluktuationen. Die therapiebedingte Zunahme der Herzfrequenz-Variabilität ließ sich weitgehend auf deren Anstieg zurückführen.

Legt man die in 2.2. beschriebenen Ergebnisse zugrunde, daß nämlich niederfrequente Fluktuationen im Entwicklungs- und Reifungsverlauf eine zunehmende Bedeutung erreichen, so kann man Vojtas Beobachtung der Physiotherapie als Zugang zu einem Koordinationskomplex, der Teilmuster des späteren Säuglingsalters enthält, erweitern und als kombinierten Reifungsprozeß motorischer und autonomer kardiovaskulärer Regulationsvorgänge bezeichnen.

Zur Stützung dieser Hypothese sind weitere Ergebnisse zum Verhalten der Herzfrequenz-Variabilität bei gesunden und kranken Kindern mit zentraler Koordinationsstörung, möglichst in längerem zeitlichen Verlauf, erforderlich.

6. ZUSAMMENFASSUNG

1. Die von Vojta entwickelte Frühtherapie zerebraler Bewegungsstörungen im Säuglings- und Kindesalter versucht, durch Bahnung afferenter Reize den Zugang zu einem Koordinationskomplex zu eröffnen, der Teilmuster des späteren Säuglingsalters enthält.

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit war die Überlegung, daß auch die Koordination autonomer Regulationsvorgänge eine Änderung im Sinne eines Reifungsprozesses zeige. Auf dieser Grundlage wurde die Hypothese formuliert, daß ein motorischer Reifungsprozeß mit einer gleichzeitigen Reifung autonomer Regulationsvorgänge einhergehe.

Die Registrierung der Herzaktivität als noninvasive, gut quantifizierbare Meßmethode schien zur Untersuchung besonders geeignet. Erste Hinweise und Befunde anderer Autoren ließen insbesondere ein Hervortreten niederfrequenter Fluktuationen der Herzaktivität erwarten.

2. Bei 12 Kindern im Alter von 8 Monaten bis 12 Jahren mit zentraler Koordinationsstörung wurde in 41 EKG-Ableitungen während Physiotherapie nach Vojta die Herzfrequenz mittels eines ZAK-Bioport-Systems registriert und gespeichert. Zugleich erfolgte eine Bewertung der Reflexantworten bei den Übungen sowie Blutdruckmessung vor und nach Therapie. 33 Ableitungen von 10 Kindern konnten mit einem Computerprogramm in Bezug auf Herzfrequenz-Niveau und Herzfrequenz-Variabilität statistisch ausgewertet werden.

Die Intervallmittelwerte der Herzfrequenz mit Standardabweichung wurden numerisch und graphisch dargestellt, und über Fourier-Analysen die relative und absolute

power für drei Frequenzbereiche ermittelt: niederfrequente (LO: 0,03 bis 0,07 Hz), mittelfrequente (MED: 0,07 bis 0,13 Hz) und hochfrequente Fluktuationen (HI: 0,13 Hz und mehr).

3. In nahezu allen Ableitungen zeigte sich während Therapie ein Anstieg des Herzfrequenz-Niveaus. Bei Ausgangswerten zwischen 90 und 130 Schlägen pro Minute stieg die Frequenz meist auf 140 bis 180 pro Minute, vereinzelt auch über 200 pro Minute.

Die größere Variabilität der Herzfrequenz während Physiotherapie äußerte sich bei 6 untersuchten Kindern primär in der Zunahme der absolute power niederfrequenter Fluktuationen. Auch mittelfrequente Fluktuationen nahmen bei einigen Ableitungen gering zu. Bei Kind 4 kam es zu einer Verlagerung des Frequenzspektrums in Richtung auf noch langsamere, quantitativ nicht gesondert erfaßte Fluktuationen. Kind 6 und 8, das jüngste und älteste Kind der Gruppe, zeigten bei geringem therapiebedingten Herzfrequenz-Anstieg keine Änderung der Herzfrequenz-Variabilität. Bei Kind 10 ging die fehlende Variabilität in allen Frequenzbereichen mit einer plateauförmigen, kaum sich ändernden Herzfrequenz während Therapie einher.

Bei der Bewertung der einzelnen Übungen überwogen die mäßig bis schlecht ausgeprägten Reflexantworten, wobei wiederholt auch bei fehlender Antwort ein Anstieg von Herzfrequenz-Niveau und Variabilität mit Zunahme langsamer Fluktuationen stattfand. Die systolische Blutdruckmessung zeigte geringe Steigerungen bis 30 mmHg unmittelbar nach Therapie im Vergleich zu vorher.

4. Neben dem erwarteten Anstieg des Herzfrequenz-Niveaus während Physiotherapie, dessen Ausmaß eine vertretbare Kreislaufbelastung annehmen ließ, ist das

Hauptergebnis dieser Arbeit im Verhalten der Herzfrequenz-Variabilität zu sehen.

Die Ergebnisse stimmen mit der Arbeitshypothese darin überein, daß die im Reifungsprozeß zunehmend dominierenden niederfrequenten Fluktuationen auch unter Vojta-Therapie bei der Mehrzahl der untersuchten Kinder eine deutliche Zunahme erfuhren. Eine Langzeitstudie müßte hierzu weitere Daten erbringen.

Vojtas Beobachtung der Physiotherapie als Zugang zu motorischen Mustern des späteren Säuglingsalters ließe sich bei Bestätigung der vorliegenden Ergebnisse im Langzeitverlauf auf die Annahme eines kombinierten Reifungsprozesses motorischer und autonomer kardiovaskulärer Regulationsvorgänge erweitern.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. AKSELROD, S., GORDON, D., UBEL, F.A., SHANNON, D.C., BARGER, A.C., COHEN, R.J.: Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science* 213, 220-222, 1981.
2. BEETZ, R., JÜNGST, B.K.: Zum Verhalten von Blutdruck und Puls bei Vojta-Therapie im Säuglingsalter. *Monatsschr. Kinderheilk.* 131, 716-720, 1983.
- BRENER, J.: The measurement of heart rate. In: MARTIN, J., VENABLES, P.H. (eds.), *Technics in Psychophysiology*. Chichester - N. Y., Wiley & Sons, 179-192, 1980.
4. BYFORD, G.H.: Heart rate and its variability - pitfalls, etc. . In: KITNEY, R.O., ROMPELMAN, O. (eds.), *The Study of Heart Rate Variability*. Oxford, Clarendon Press, 115-122, 1980.
5. CABAL, L.A., SIASSI, B., ZANINI, B., HODGMAN, J.E., HON, E.E.: Factors affecting heart rate variability in preterm infants. *Pediatrics* 65:1, 50-56, 1980.
6. GOOTMAN, P.M., BUCKLEY, N.M., GOOTMAN, N.: Postnatal maturation of the central neural cardiovascular regulatory system. In: LONGO, L.D., RENEAU, D.D. (eds.), *Fetal and Newborn Cardiovascular Physiology, Vol.1, Developmental Aspects*. N.Y., Garland STPM Press, 93-141, 1978.
7. GRAHAM, F.K.: Representing cardiac activity in relation to time. In: MARTIN, J., VENABLES, P.H. (eds.), *Technics in Psychophysiology*. Chichester - N.Y., Wiley and Sons, 192-197, 1980.
8. GRAHAM, F.K., CLIFTON, R.K.: Heart-rate change as a component of the orienting response. *Psychol. Bull* 65, 305-320, 1966.

9. DE HAAN, R., PATRICK, J., CHESS, G.F., JACO, N.T.:
Definition of sleep state in the newborn infant
by heart rate analysis. *Am. J. Obstet. Gynecol.*
127:7, 753-758, 1977.
10. HARPER, R.M., HOPPENBROUWERS, T., STERMAN, M.B.,
McGINTY, D.J., HODGMAN, J.: Polygraphic studies
of normal infants during the first six months of
life. I. Heart rate and variability as a function
of state. *Pediat. Res.* 10, 945-951, 1976.
11. HATHORN, M.K.S.: Analysis of the rhythm of infantile breathing. *Br. Med. Bull.* 31:1, 8-12, 1975.
12. HELLBRÜGGE, Th., LANGE, J., RUTENFRANZ, J.: Über die
Entwicklung von tagesperiodischen Veränderungen der
Pulsfrequenz im Kindesalter. *Z. Kinderheilk.* 78,
703, 1956.
13. KERO, P.: Heart rate variation in infants with the
respiratory distress syndrome. *Acta Pediatr.*
Scand., Suppl. 250, 1-70, 1974.
14. KITNEY, R.J.: An analysis of the thermoregulatory
influences on heart rate variability. In: KIT-
NEY, R.J., ROMPELMAN, O. (eds.), *The study of
Heart Rate Variability*. Oxford Med. Engineer.
Series, Oxford, Clarendon Press, 79-105, 1980.
15. LACEY, J.I.: Somatic response patterning and stress:
some revisions of activation theory. In: APPLEY,
M.H., TRUMBALL, R. (eds.), *Psychological Stress:
Issues in Research*. New York, Appleton-Century-
Crofts, 14-37, 1967.
16. LAWLER, K.A., OBRIST, P.A., LAWLER, J.E.: Cardiac
and somatic response patterns during a reaction
time task in children and adults. *Psychophysiol.*
13, 448-455, 1976.
17. LEWIS, M., WILSON, C.D., BAN, P., BAUMEL, M.H.:
An exploratory study of resting cardiac rate and
variability from the last trimester of prenatal
life through the first year of postnatal life.
Child Dev. 41, 799-811, 1970.

18. LINDQVIST, A., OJA, R., HELLMANN, O., VÄLIMÄKI, J.:
Impact of thermal vasomotor control on the heart
rate variability of newborn infants. *Early Hum.
Dev.* 8, 37-47, 1983.
19. LUCZAK, H., LAURIG, W.: An analysis of heart rate
variability. *Ergonomics*, 16:1, 85-97, 1973.
20. LUCZAK, H., PHILIPP, U., ROHMERT, W.: Decomposition
of heart rate variability under the ergonomic
aspects of stressor analysis. In: KITNEY, R.O.,
ROMPELMAN, O.(eds.), *The Study of Heart-Rate Va-
riability*. Oxford Med. Engineer. Series, Oxford,
Clarendon Press, 123-138, 1980.
21. MELCHER, A.: Respiratory sinus arrhythmia in man.
Acta Physiol. Scand., Suppl. 435, 1976.
22. OBRIST, P.A.: Heart rate and somatic - motor coup-
ling during classical aversive conditioning in
humans. *J. Exp. Psychol.* 77, 180-193, 1968.
23. OBRIST, P.A., LAWLER, J.E., GAEBELEIN, C.J.:
A psychobiological perspective on the cardio-
vascular system. In: Di CARA, L.V.(ed.), *Limbic
and Autonomic Nervous Systems Research*. New York,
Plenum, 311-334, 1974.
24. RADVANYI, M.F., MOREL-KAHN, F.: Sleep and heart
rate variations in premature and full term babies.
Neuropädiatrie, 7:3, 302-312, 1976.
25. ROMPELMAN, O.: The assessment of fluctuations in
heart-rate. In: KITNEY, R.J., ROMPELMAN, O.(eds.),
The Study of Heart-Rate Variability. Oxford Med.
Engineer. Series, Oxford, Clarendon Press, 59-77,
1980.
26. SAYERS, Mc A.: Analysis of heart rate variability.
Ergonomics, 16:1, 17-32, 1973.
27. SAYERS, Mc A.: Physiological consequences of infor-
mational load and overload. In: VENABLES, P.H.,
CHRISTIE, M.J. (eds.), *Research in Psychophysio-
logy*. London, Wiley, 95-124, 1975.

28. SAYERS, Mc A.: Pattern analysis of the heart rate signal. In: MARTIN, J., VENABLES, P.H. (eds.), *Technics in Psychophysiology*. Chichester - New York, Wiley, 197-210, 1980.
29. SCHANDRY, R.: *Psychophysiologie*. München, Urban und Schwarzenberg, 1981.
30. SIDDLE, D.A.T., TURPIN, G. (eds.): Measurement, quantification and analysis of cardiac activity. In: MARTIN, J., VENABLES, P.H. (eds.), *Technics in Psychophysiology*. Chichester - New York, Wiley, 1980.
31. VOJTA, V.: *Die cerebralen Bewegungsstörungen im Säuglingsalter, Frühdiagnose und Frühtherapie*. Stuttgart, Enke, 1974, 3. Aufl. 1981.
32. WATANABE, K., IWASE, K., HARA, K.: Heart rate variability during sleep and wakefulness in low-birth-weight infants. *Biol. Neonate* 22, 87-98, 1973.

Herrn Prof. Dr. Dr.h.c. Th. Hellbrügge danke ich für die Unterstützung und die Arbeitsmöglichkeit an seinem Institut.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. H. Jung, der diese Arbeit veranlaßte und betreute. Seine praktische Unterstützung bei der Untersuchung der Kinder und der Auswertung der Ergebnisse sowie seine Diskussionsbereitschaft und Anregungen waren mir eine wertvolle Hilfe.

Den Krankengymnastinnen des Instituts danke ich für ihre Geduld bei der Durchführung der Untersuchungen.

Lebenslauf

Ulrich Armin Arthur Pfannerstill, geboren am
10. 02. 54 in Landshut (Bayern) als Sohn von
Josef und Christa Pfannerstill.

1960 bis 1962 Besuch der Volksschule Landshut/Berg,
1962 bis 1964 der Volksschule Peter und Paul in Landshut.
1964 bis 1973 Besuch des Humanistischen Zweiges des
Hans Carossa-Gymnasiums in Landshut mit Ablegung der
Reifeprüfung.

Von 1973 bis 1980 Studium der Humanmedizin an der
Ludwig Maximilians-Universität München.

August 1980 Erteilung der Approbation als Arzt.

Von Januar 1981 bis April 1984 als Assistenzarzt der
Inneren Abteilung des Kreiskrankenhauses Dingolfing
(Chefarzt Dr. Tabor) tätig.

Seit Mai 1984 als Assistenzarzt im Städtischen Kranken-
haus Landshut, Medizinische Abteilung (Chefarzt Prof.
Dr. Köhler).

Verheiratet seit Juni 1983.

